VISIT…

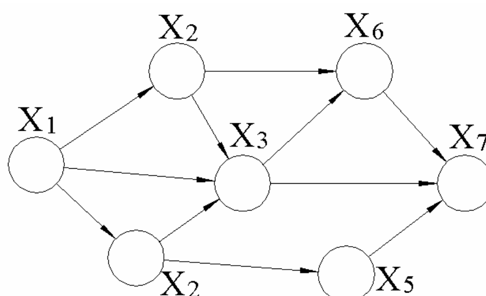
LANZAROTE Caliente.COM

Analiza graficului retea: termen general pentru tehnicile de planificare care considera proiectul ca:

- retea de activitati legate între ele;
- legaturile indica relatiile si succesiunea executiei activitatilor cu respectarea conditionarilor organizatorice sau tehnologice;
- prin adaugarea duratei de executie a fiecarei activitati, diagrama poate fi analizata numeric, putandu-se determina durata totala a proiectului.

Analiza graficului retea: metoda bazata pe teoria grafurilor, care utilizeaza în calcule planificarea lineara, statistica matematica si teoria probabilitatilor.

Graful este o aplicatie biunivoca a elementelor unei multimi pe ea însasi. Fie multimea de puncte $X = \{x_1, x_2, ... x_n\}$, cu $n \subset N$. Elementele x_i ale multimii X sunt legate între ele cu arce orientate. Aceste legaturi reprezinta aplicatia Γ; se obtine în acest fel graful $\Gamma = (G,X)$.



Nodurile retelei, reprezentate prin cercuri sau dreptunghiuri, se numeroteaza secvential respectandu-se conditia ca arcul orientat, amplasat între doua noduri succesive, sa aiba numarul nodului de început mai mic decât numarul nodului de terminare.

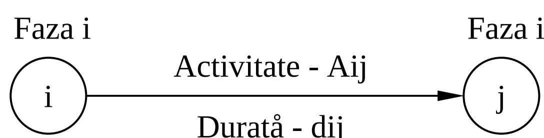
- ***Istoricul metodelor***
  - folosirea diagramelor, care sa reprezinte progresul unui proiect, apare in 1850
  - George Boole, primul cercetator care a utilizat diagramele de tip retea;
  - prusacii, în secolul XIX, au folosit diagramele de tip retea pentru a ilustra miscarile tactice pe câmpul de batalie;
  - 1944, economistii foloseau diagramele cu sageti pentru a arata fluxul si relatiile dintre sistemele economice;
  - 1957, inginerii de la Corporatia Sperry-Rand au aplicat diagrama retea si au folosit conceptul de “drum critic”pentru planificarea si coordonarea unui proiect de pod.

- Simultan, armata americana a dezvoltat un sistem de planificare si coordonare a 3000 contractori si agenti pentru programul rachetei Polaris.

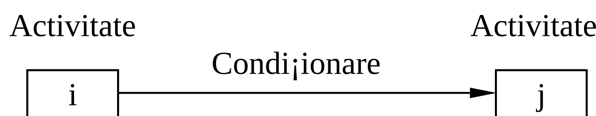
- ***Clasificarea metodelor analizei graficului retea***

a. *Dupa modul de reprezentare a activitatilor în grafice*:

- <u>activitatile reprezentate pe arcele retelei</u>, nodurile reprezentând faze sau evenimente în ordinea desfasurarii activitatilor: forma de reprezentare caracteristica *metodei drumului critic* CPM (<u>C</u>ritical <u>P</u>ath <u>M</u>ethod)



- <u>activitatile reprezentate pe nodurile retelei,</u> arcele fiind conditionari de succesiune ale activitatilor: forma de reprezentare caracteristica metodei potentialelor (<u>M</u>etra <u>P</u>otential <u>M</u>ethod)



b. *Dupa parametri care se analizeaza*:

- procedee în care se considera numai timpul;
- procedee în care se considera atât timpul cât si resursele;
- procedee în care se considera timpul, resursele, costurile.

c. *Dupa numarul proiectelor supuse simultan analizei*:

- procedee pentru analiza unui singur proiect;
- procedee pentru analiza unui multiproiect.

- ***Elementele caracteristice graficului retea***

1. ***activitatea****:* orice actiune ce contribuie la realizarea proiectului:
   - *efective*, reale consumatoare de timp si resurse;
   - *de asteptare*, consumatoare numai de timp: conditionari tehnologice sau organizatorice;
   - *fictive,* nu consuma timp sau resurse dar stabilesc conditionari de succesiune.
2. ***faza sau evenimentul***: stadii de realizare a activitatilor.

3. ***drumul:*** o succesiune de arce orientate între nodul initial si nodul final. Orice drum este caracterizat printr-o lungime care reprezinta suma duratelor care îl definesc.

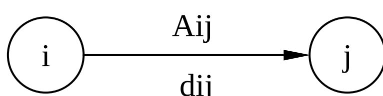
4. ***drumul critic***: drumul cu lungimea cea mai mare între nodul ini¡ial si nodul final. **Lungimea drumului critic reprezinta durata minima posibila de executare a întregului proiect.** Activitatile situate pe drumul critic se

numesc activitati critice, si se realizeaza strict la termenele planificate pentru a nu perturba durata totala a proiectului.

➢ ***Metoda drumului critic - C.P.M.***

- ***Reguli de trasare***

Caracteristica graficului retea trasat prin metoda C.P.M. este reprezentarea *activitatilor pe arcele retelei*, *nodurile* reprezentând *faze* sau *evenimente*.



Aij = activitate;
dij = durata activitatii;
i,j = faze

Pentru a stabili corect succesiunea activitatilor, la trasarea graficului retea este necesar sa se cunoasca raspunsul la întrebarile:

- ce *activitati conditioneaza sau preced în mod necesar activitatea A_{ij}?*
- *ce activitati încep în acelasi timp cu activitatea A_{ij}?*
- *începutul caror activitati este determinat de încheierea activitatii A_{ij}?*

- ***Termene caracteristice si rezerve de timp***

A. Calculul termenelor caracteristice

In graficul retea al metodei C.P.M., pentru fiecare faza se definesc **doua** termene caracteristice, în timp ce pentru fiecare activitate, **patru**.

a) **Termenul minim al fazei j** - t_j^m - este termenul cel mai devreme la care se poate produce evenimentul j, sau timpul cel mai devreme la care se pot încheia toate activitatile care converg în nodul j.

$$t_j^m = (L_{0-j})_{max}$$

unde:

$L_{0-j\ max}$ este drumul de lungime maxima, considerat dintre toate drumurile posibile de la nodul initial, i la nodul final, j.

Sau:

$$t_j^m = \begin{cases} 0 & \text{, pentru } j = 0 \\ \max(t_i + d_{ij}) & \text{, pentru } i<j<n \end{cases}$$

b) **<u>Termenul maxim al fazei i</u>** - t_i^M - este termenul cel mai târziu la care se poate produce faza *i* fara a perturba durata generala a procesului, sau termenul cel mai târziu la care se pot termina activitatile convergente în nodul *i*, respectiv termenul cel mai târziu la care pot începe activitatile ce pornesc din nodul *i*.

$$t_i^M = L_{cr} - \max(L_{i-n}),$$

în care: L_{cr} = lungimea drumului critic;

L_{i-n} = durata de la nodul *i* la nodul *n* pe toate drumurile posibile.

Termenele maxime ale fazelor se calculeaza parcurgand graficul în sens invers, în mod succesiv, de la faza finala *n* către faza initiala, cu relatia:

$$t_i^M = \begin{cases} L_{cr} & , \quad \text{pentru } i=n \\ \min(t_j^M - d_{ij}) , & \text{pentru } 0<i<n \end{cases}$$

c) **<u>Termenul minim de începere a activitatii</u> - t_{ij}^{mi}** - este cel mai devreme termen la care poate începe activitatea A_{ij}, si este egal cu termenul minim al fazei *i*.

$$t_{ij}^{mi} = t_i^m$$

d) **<u>Termenul minim de terminare a activitstii</u> - t_{ij}^{mt}** - este cel mai devreme termen la care activitatea A_{ij} se poate termina si este egal cu suma dintre termenul minim de începere a activitstii si durata acesteia:

$$t_{ij}^{mt} = t_{ij}^{mi} + d_{ij} = t_i^m + d_{ij}$$

e) **<u>Termenul maxim de terminare a activitstii</u> - t_{ij}^{Mt}** - este cel mai târziu termen la care se poate încheia activitatea A_{ij} si este egal cu timpul maxim al fazei *j*:

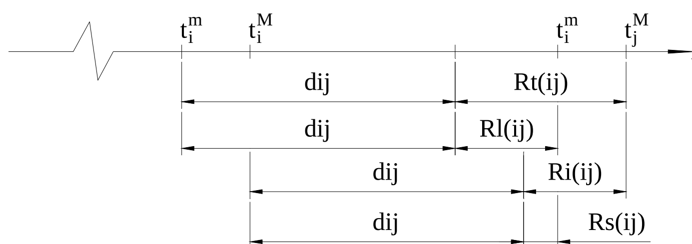
$$t_{ij}^{Mt} = t_j^M$$

f) **<u>Termenul maxim de începere a activitatii</u> - t_{ij}^{Mi}** - este cel mai târziu termen la care poate începe activitatea A_{ij} fara a perturba durata totala. Se calculeaza prin diferenta dintre termenul maxim de terminare si durata activitatii.

$$t_{ij}^{Mi} = t_{ij}^{Mt} - d_{ij} = t_j^M - d_{ij}$$

B. Calculul rezervelor de timp

Rezervele de timp: posibilitati ale activitatilor de pozitionare pe scara timpului, între *termenul minim de începere* si *maxim de terminare* în vederea adaptarii la noi conditii de lucru.



a) **Rezerva totala a activitatii - $R_{t(ij)}$ -** este intervalul de timp cu care se poate întârzia începerea activitatii A_{ij} sau, cu care se poata mari durata d_{ij} a activitatii, fara a influenta desfasurarea activitatilor de pe drumul critic.

$$R_{tij} = t_j^M - t_i^m - d_{ij}$$

Activitatile a caror rezerva totala $R_{t(ij)} = 0$ sunt activitati critice. Ele nu pot fi nici glisate, nici majorate ca durata de executie, fara a perturba drumul critic.

b) **Rezerva libera a activitatii - $R_{l(ij)}$ -** este intervalul de timp cu care poate fi decalata începerea activitatii A_{ij}, sau cu care durata acesteia poate fi majorata, fara a influenta activitatile urmatoare ce pornesc din faza *j*.

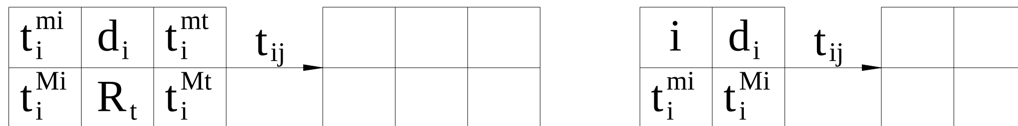
$$R_{l(ij)} = t_j^m - t_i^m - d_{ij}$$

- ***Calculul graficului retea***
  - consta în determinarea pentru fiecare nod a *termenelor minime si maxime* ale fazei, valori ce vor fi înscrise în dreptunghiuri atasate nodurilor;
  - *calculul termenului minim* corespunzator fiecarui nod al retelei se face pornind de la *nodul initial* catre *nodul final*, prin însumarea duratelor activitatilor ce converg în nodul respectiv: valorile se compara, se alege întotdeauna cea mai mare, care se va înscrie în caseta din stânga.
  - *calculul termenului maxim* corespunzator fiecarui nod se efectueaza pornind de la *nodul final*, al carui termen minim se egaleaza cu cel maxim, catre *nodul initial* prin scaderea duratelor activitatilor ce diverg din nodul respectiv: valorile se compara si se va înscrie in caseta din dreapta, valoarea cea mai mica.
  - calculul graficului se poate considera corect daca termenele minim si maxim de incepere ale nodului initial, au valoarea 0.

  ➢ ***Metoda potentialelor - M.P.M.***

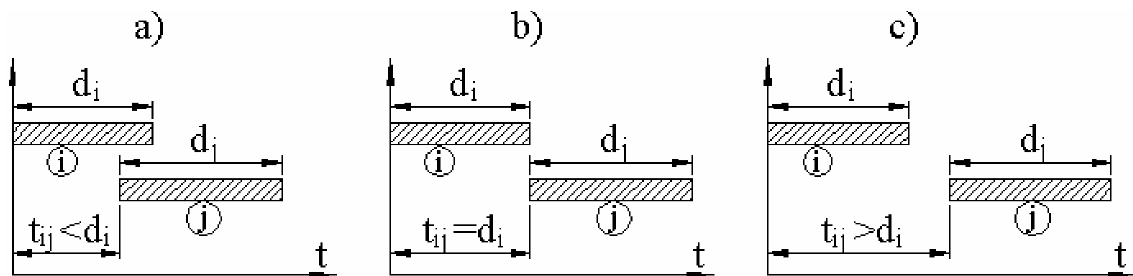
- ***Reguli de trasare***

Activitatile sunt reprezentate *pe nodurile retelei* iar *arcele* reprezinta *conditionarile tehnologice* sau *organizatorice* dintre activitati.



O caracteristica a metodei este întroducerea notiunii de *distanta critica* - $\mathbf{t_{ij}}$ - care reprezinta intervalul de timp minim între activitatea i si activitatea j.

Distanta critica: poate reprezenta o conditionare de tip *început-început*, *terminare-început*, *terminare-terminare*, *început-terminare*: cel mai folosit mod de conditionare este cel de tip *început-început*:



- $\mathbf{t_{ij} < d_i}$, sugereaza faptul ca activitatea *j* poate începe înainte de terminarea activitatii *i*;
- $\mathbf{t_{ij} = d_i}$, activitatea *j* poate începe imediat dupa activitatea *i*;
- $\mathbf{t_{ij} > d_i}$, activitatea *j* va începe cu un decalaj tehnologic sau organizatoric fata de terminarea activitatii *i*.

- ***Termene caracteristice si rezerve de timp***

A. <u>Calculul termenelor caracteristice</u>

a) **Termenul minim de începere a activitatii *j*** - t_j^{mi} - este momentul cel mai devreme la care poate începe activitatea *j*, reprezentând drumul cel mai lung dintre activitatea initiala si activitatea *j*.

$$t_j^{mi} = \begin{cases} 0 & \text{pentru } j=0 \\ \max (t_i^{mi}+t_{ij}) & \text{pentru } 0<j<n \end{cases}$$

unde t_{ij} este distanta critica definita ca o condi¡ionare de tip *început-început*.

b) **Termenul minim de terminare a activitatii *j*** – t_i^{mi} - este momentul cel mai devreme la care se poate termina activitatea j, si se calculeaza cu ajutorul relatiei:

$$t_i^{mt} = t_i^{mi} + d_i$$

unde d_i este durata activitatii *j*.

c) **Termenul maxim de începere a activitatii *i*** - t_i^{Mi} - este definit ca termenul cel mai târziu la care poate începe activitatea *i* fara a perturba celelalte activitati din graficul retea. Se determina cu relatia:

$$t_i^{Mi} = \begin{cases} L_{cr} & , \quad \text{pentru } i=n \\ \min (t_j^{Mi} - t_{ij}), & \text{pentru } 0<i<n \end{cases}$$

d) **Termenul maxim de terminare a activitatii I** - t_i^{Mt} - se determina prin însumarea termenului maxim de începere a activitatii i si durata acesteia, reprezentand momentul cel mai târziu de terminare a activitatii *i:*

$$t_i^{Mt} = t_i^{Mi} + d_I$$

B. Calculul rezervelor de timp

Rezervele de timp au rolul de a evidentia intervalul de timp cu care se poate face glisarea unei activitati, sau marirea duratei ei, fara a afecta durata totala a proiectului.

a) **Rezerva totala a activitatii** - $R_{t(i)}$ - este diferenta dintre termenul maxim de începere si termenul minim de începere a activitstii *i*, adica:

$$\mathbf{R_{t(i)} = t_i^{Mi} - t_i^{mi}}$$

b) **Rezerva libera a activitatii** $R_{l(i)}$ - este timpul cu care se poate amâna începerea activitatii *i*, fata de termenul minim de începere al sau, fara a împiedica începerea altor activitati la termenul minim:

$$R_{l(i)} = \min(t_j^{mi}) - t_i^{mi} - t_{ij}$$

- ***Etapele planificarii cu metoda drumului critic***

1. *Etapa de analiza (calitativa)*:

- *analiza structurii lucrarilor de executat*: pe baza documentatiei existente se stabileste ordinea tehnologica si organizatorica cu interconditionarile ce se impun;
- *elaborarea topologiei graficului retea în functie de metoda aleasa*: C.P.M. sau M.P.M.

2. *Etapa de calcul (cantitativa)*:

- *determinarea cantitatilor de lucrari* corespunzatoare activitatilor definite în cadrul proiectului;
- *stabilirea duratelor de executie* pentru activitatile cuprinse în graficul retea, utilizând metoda determinista sau probabilista;
- *stabilirea duratei conditionarilor* tehnologice sau organizatorice dintre activitati;
- *calculul termenelor caracteristice* ale fazelor si ale activitatilor;
- *calculul rezervelor de timp;*
- *determinarea activitatilor critice, a drumului critic si stabilirea duratei totale de executie.*

Se compara durata de executie determinata pe baza analizei drumului critic cu durata de realizare impusa prin contract.

Daca:

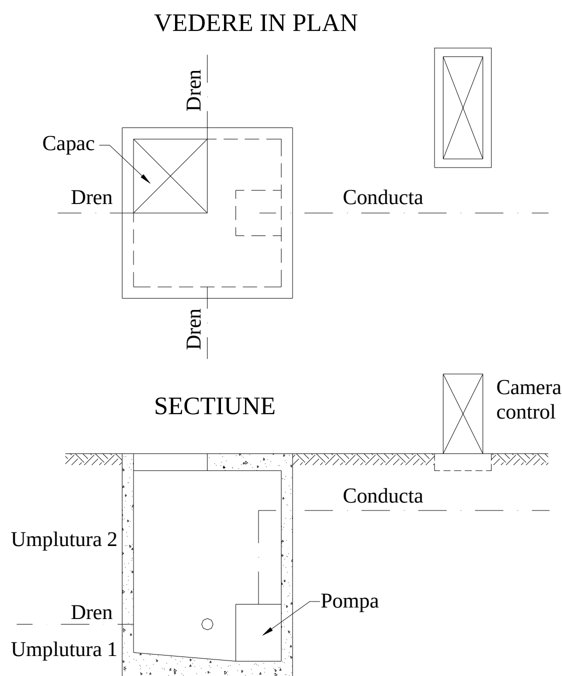
- *durata rezultata este mai mare ca durata impusa prin contract*, se reia algoritmul de programare expus:

  a. reanalizand activitatile situate pe drumul critic (scurtarea lor prin atribuire de resurse suplimentare);
  b. revizuind conditionarile tehnologice;
  c. marind numarul de sectoare fapt ce ar permite scurtarea intervalului de timp necesar intrarii în lucru a muncitorilor;
  d. divizand activitatile critice în subactivitati care sa se desfasoare în paralel.

- *durata rezultata este mult mai mica decât cea contractuala*, se reia algoritmul de programare: ar putea exista perturbari în modul de folosire rationala a resurselor.

EXEMPLU:

Se considera executia unei camere de pompare necesara drenarii pamanturilor.



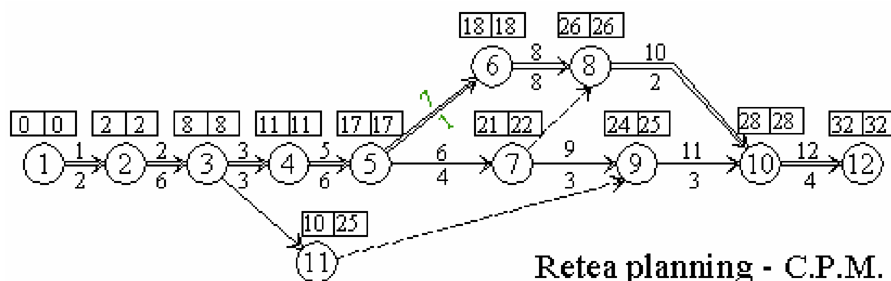
Etapele de elaborare a planificarii sunt:

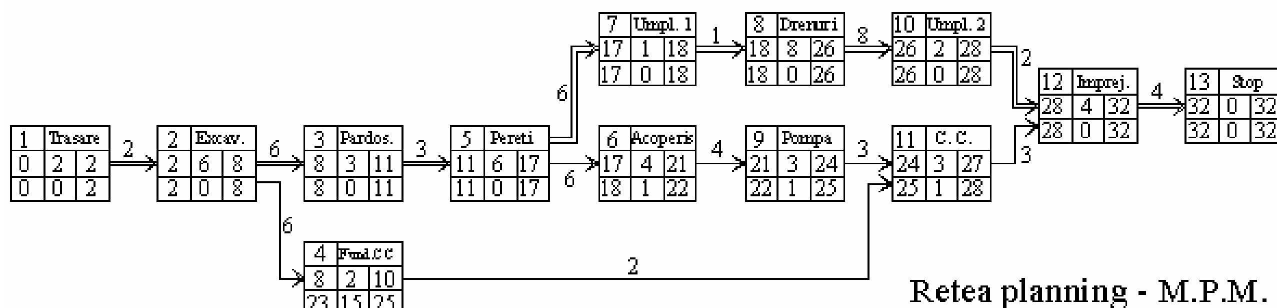
i. <u>Stabilirea activitatilor necesare realizarii proiectului si calculul duratelor acestora</u>.

Activitate	Procese incluse	Durată	Activitatea care conditioneaza începerea
1. Batere pilo¡i	Batere pilo¡i pe contur pentru sprijinire excavatie	2	
2. Excavare	Sapare pâna la cota	6	1
3. Radier groapa	Cofrare, armare, betonare	3	2
4. Fundatie camerå control	Amenajare fundatie camera control	2	2
5. Pereti	Cofrare, armare, betonare	6	3
6. Planseu	Cofrare, armare, betonare inclusiv capac	4	5
7. Umplutura 1	Umplutura sub dren	1	5
8. Drenuri	Montare drenuri	8	7
9. Pompa	Instalare pomps si conectare la conducta	3	6
10. Umpluturå 2	Completare umplutura	2	6, 8
11. Camera control	Instalarea echipamentului si racordare la re¡eaua electrica	3	4, 9
12. Imprejmuire	Montare gard si nivelare teren	4	10, 11

ii. Trasarea graficului retea (topologia)

Pe baza listei de activitati, a conditionarilor tehnologice si organizatorice, se vor întocmi graficele retea cu ajutorul celor doua metode prezentate, C.P.M., M.P.M.





iii. Calculul termenelor

Scopul calculului termenelor caracteristice este de a determina:

- *durata proiectului*: va fi calculata pornind de la duratele activitatilor individuale si a interrelatiilor lor;
- *cel mai devreme timp (minim) de începere* al fiecarei activitati;
- *cel mai târziu timp (maxim) de începere* al fiecarei activitati;
- *rezervele de timp*.

Calculul se va face considerând ca data de început a proiectului ziua 0.

Stabilirea *termenelor de început* si *de sfârsit* pentru fiecare activitate, se va face direct pe graf, prin parcurgerea acestuia în doua sensuri: START - FINISH (se stabilesc termenele minime de început si de sfârsit) si FINISH – START (se vor stabili termenele maxime de început si de sfârsit pentru fiecare activitate).

iiii. Determinarea rezervelor de timp si a drumului critic

Graful construit contine trei drumuri complete: $D_1 = \{1,2,4,11,12,13\}$; $D_2 = \{1,2,3,5,6,9,11,12,13\}$; $D_3 = \{1,2,3,5,7,8,10,12,13\}$.

Lungimile acestor drumuri (L_{Di}) :

L_{D1} = 2+6+2+3+4+0 = 17 zile

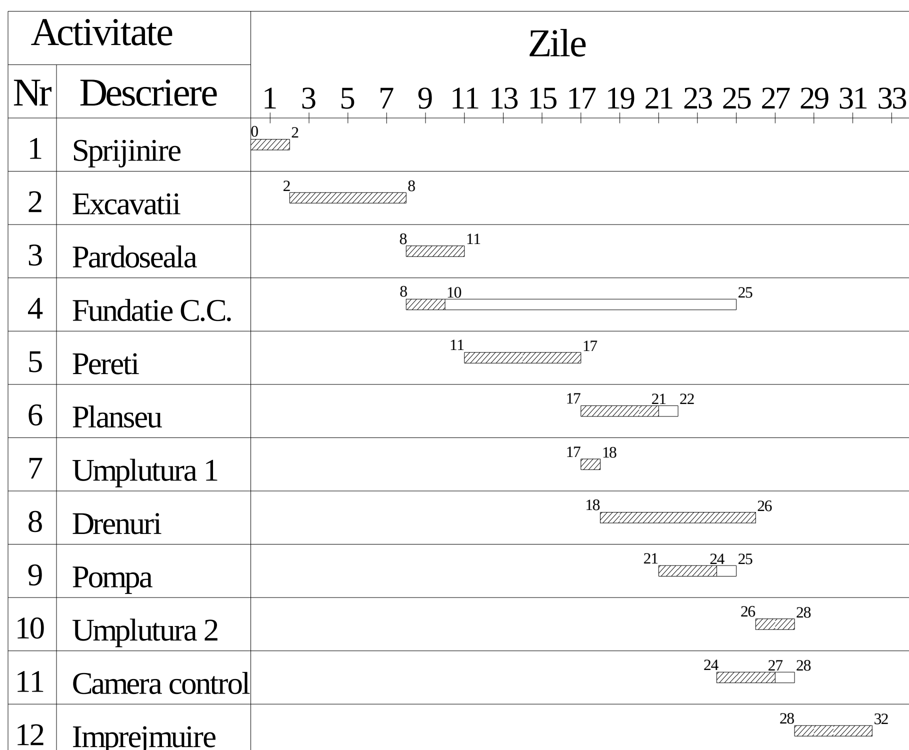
L_{D2} = 2+6+3+6+4+3+3+4+0 = 31 zile

$D_{cr} = \max\{L_{Di}\} = \max\{17,31,31\} = 32$ zile

L_{D3} = 2+6+3+6+1+8+2+4+0 = 32 zile

Calculul rezervelor de timp pentru toate activitatile necesare realizarii proiectului:

NR. CRT.	ACTIVITATE	DURATA	REZERVA TOTALA	REZERVA LIBERA
1.	Batere pilo¡i (trasare)	2	2-0-2=0	2-0-2=0
2.	Excavare	6	8-2-6=0	8-2-6=0
3.	Radier groapa	3	11-8-3=0	11-8-3=0
4.	Fundatie camera control	2	25-8-2=15	24-8-2=14
5.	Pereti	6	17-11-6=0	17-11-6=0
6.	Planseu	4	22-17-4=1	22-17-4=1
7.	Umplutura 1	1	18-17-1=0	18-17-1=0
8.	Drenuri	8	26-18-8=0	26-18-8=0
9.	Pompa	3	25-21-3=1	24-21-3=0
10.	Umplutura 2	2	28-26-2	28-26-2=0
11.	Camera control	3	28-24-3=1	28-24-3=1
12.	Imprejmuire	4	32-28-4=0	32-28-4=0



* **ANALIZA RESURSELOR**

Un beneficiu major al planificarii: posibilitatea unui control eficient al resurselor.

Cele mai folosite resurse în constructii sunt:

* *oamenii,*
* *utilajele,*
* *materialele,*
* *timpul,*
* *banii,*
* *terenul* pe care se va construi,
* *vremea,* o resursa fara valoare de altfel, ce se ia însa în considerare la nivelul planificarii strategice.

Industria constructiilor opereaza adesea la un nivel scazut al valorii profitului net (2- 4%) ⇨ *este greu sa se tolereze ineficienta în folosirea resurselor*.

Exemplu de folosire a resurselor la un proiect tipic de inginerie civila:

Resurse	**Procent din valoarea proiectului**	**Ineficientå**	**Efect asupra proiectului**
Materiale	40	5% datorata pierderilor la furnizare	40% x 5%=2% pierdere
Subcontractori	20	10% datorata neconcordantei între constructori, asteptarii materialelor, instructiunilor	20% x 10%=2% pierdere
Manopera Utilaje	18 10	7% datorata planificarii necorespunzatoare	28% x 7%=2% pierdere
Beneficiu	10	20% datorata depasirii termenului proiectului, inflatiei, erorilor în estimarea valorilor	10% x 20%=2% pierdere
Profit net	2		

- **Stabilirea necesarului de resurse**

Formula de stabilire a cantitatii unui tip *p* de resurså, R_i^p, (*p* poate lua valori de la 1 la *n* si reprezinta numarul resurselor analizate), necesara activitatii *i* este:

$$R_i^p = Q_i \, x \, N_i^p,$$

unde:

Q_i , reprezinta cantitatea de lucrare corespunzatoare activitatii *i*;

N_i^p, reprezinta norma de consum pentru activitatea *i* si resursa *p*.

- **Analiza resurselor**

Analiza resurselor se face considerând cea mai buna folosinta a lor pe parcursul desfasurarii proiectului:

Exemplu: resursele necesare pentru fiecare activitate din cadrul proiectului: "camera de pompare": (stabilite pe baza cantitatilor de lucrare si a normelor de consum) sunt:

Activitate	Muncitori	Dulgheri	Echipament pentru batere piloti	Incarcator	Echipa-ment pentru turnare beton	Pompa
1. Sprijinire	3	-	1	1	-	-
2. Excavare	3	-	1	1	-	1
3.Pardoseala	3	2	1	-	-	1
4.Funda¡ie CC	1	2	-	-	-	-
5.Pereti	3	2	1	-	1	1
6. Planseu	3	2	1	-	-	1
7.Umplutura 1	2	-	1	1	-	1
8.Drenuri	2	-	1	1	-	1
9.Pompa	1	-	1	-	-	-
10.Umplutura 2	2	-	1	1	-	-
11.Camera control	-	-	-	-	-	-
12.Imprejmuire	2	-	-	-	-	-

* Instalat de un contractor specializat

Exista trei moduri de analiza a resurselor: *cumularea resurselor*, *nivelarea resurselor*, *alocarea resurselor*.